

**ACTUALIZACIÓN DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA  
METODOLOGÍA PMO (PLANT MAINTENANCE OPTIMIZATION) PARA LAS  
CENTRALES HIDRÁULICAS DE LA EMPRESA ENEL - EMGESA**

**MANUEL ALEJANDRO TREJOS HOYOS**

**1088310073**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PEREIRA, RISARALDA**

**ENERO 2020**

**ACTUALIZACIÓN DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA  
METODOLOGÍA PMO (PLAN MAINTENANCE OPTIMIZATION) PARA LAS  
CENTRALES HIDRÁULICAS DE LA EMPRESA ENEL – EMGESA**

**MANUEL ALEJANDRO TREJOS HOYOS**

**PRÁCTICA CONDUCENTE A TRABAJO DE GRADO**

**DIRECTOR:**

**M.Sc WILLIAM OLARTE CORTES**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PEREIRA, RISARALDA**

**ENERO 2020**

## CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	6
2	OBJETIVO.....	7
2.1	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	7
3	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	8
3.1	CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DEL GRUPO ENEL EN COLOMBIA .....	8
4	MARCO REFERENCIAL .....	9
4.1	Mantenimiento y su gestión. ....	9
➤	Mantenimiento Preventivo:.....	9
➤	Mantenimiento Predictivo / Mantenimiento Basado en Condición:.....	9
➤	Mantenimiento Reactivo: .....	10
4.2	ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO .....	10
4.3	CATÁLOGO GLOBAL ENEL DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO. ....	11
4.4	METODOLOGÍA PLAN OF CHECKS .....	14
4.5	METODOLOGÍA CHS. ....	15
5	ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO ACTUAL .....	17
➤	Estrategia Mantenimiento Horas.....	17
➤	Estrategia Mantenimiento Anual.....	17
6	METODOLOGÍA PMO COMO ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO .....	18
6.1	GESTIÓN DEL CAMBIO.....	19
7	KPI (KEY OPERATIONAL INDICATOR).....	19
7.1	ESTADO DE LAS MÁQUINAS GENERADORAS .....	20
7.2	CAUSAS DE INDISPONIBILIDAD Y LIMITACIÓN DE POTENCIA .....	20
8	PLANTILLAS PARA CREACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO .....	23
8.1	METODOLOGÍA PARA LA CREACIÓN DE LAS PLANTILLAS. ....	23
9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	26
10	BIBLIOGRAFIA.....	27

## **TABLAS**

Tabla 1. Descripción de Centrales Hidroeléctricas.....	8
Tabla 2. Clasificación según descripción de equipo o sistema .....	13
Tabla 3. Clasificación según clase .....	13
Tabla 4. Clasificación según área que desarrolla los trabajos.....	13
Tabla 5. Clasificación según descripción del grupo de control .....	13
Tabla 6. Clasificación según finalidad de la actividad .....	14
Tabla 7. Clasificación según tipo de mantenimiento .....	14
Tabla 8. Criterio para clasificación CHS.....	15
Tabla 9. Estrategia de mantenimiento por horas de operación .....	17
Tabla 10. Estrategia de mantenimiento por años de operación .....	18
Tabla 11. Hoja de ruta cargada en SAP actualmente.....	18
Tabla 12. Estimación de transición en los tipos de mantenimiento .....	19

## **GRÁFICAS**

Gráfica 1. Ejemplo grafica de telaraña para CHS .....	16
Gráfica 2. Clasificación de los estados de las máquinas generadoras .....	20

## **ILUSTRACIONES**

Ilustración 1. Catálogo global, Copiar ID .....	23
Ilustración 2. Plantilla diligenciada diligenciando únicamente ID de la actividad traída del catálogo .....	24
Ilustración 3. Diligenciar la ubicación técnica del sistema al que pertenece el equipo al cual se le realizarán los trabajos, el puesto de trabajo y el centro de emplazamiento .....	25

**Nota de confidencialidad:** Este proyecto se ha desarrollado con información y documentación interna del grupo Enel. Este documento, los archivos anexos y las plantillas de mantenimiento son propiedad de la empresa y está determinadamente prohibido su utilización y/o comercialización por entidades ajenas al grupo Enel.

## 1 INTRODUCCIÓN

El sistema de gestión del grupo Enel a nivel global, ha decidido estandarizar los procesos de mantenimiento para todas sus centrales hidroeléctricas, sugiriendo que una turbina Pelton requiere las mismas operaciones de mantenimiento en Italia, Chile, Perú, Colombia o cualquier parte del mundo.

Para lograr dicha estandarización ha desarrollado diferentes herramientas, entre ellas:

- SAP E4E Módulo ZPMO
- Catálogo global de actividades de mantenimiento.

El enfoque de este trabajo es, por tanto, definir los planes de mantenimiento para cada central hidroeléctrica según el catálogo global desarrollando las plantillas de cargue en formato Excel (.xlsx), con la estructura/formato y codificación correcta que permita el cargue posterior de estas actividades de mantenimiento en el módulo ZPMO de SAP E4E.

Para poner en contexto al lector, el documento inicia con un capítulo de descripción de la empresa, la capacidad instalada neta a nivel mundial y la generación realizada en el año 2018 en Colombia; En la tabla número 1 se realiza una descripción de las centrales hidroeléctricas y la capacidad neta instalada.

En el capítulo cuarto se expone el marco referencial donde se definen los conceptos de mantenimiento, se indica que es el catálogo global, cuáles son sus clasificaciones y la metodología para determinar el estado de los equipos CHS (Component Health Status).

El quinto capítulo ilustra la estrategia de mantenimiento actual y se adjuntan imágenes de visualización de los planes de mantenimiento en el software SAP.

El capítulo número seis define la metodología PMO (Plant Maintenance Optimization) y el cambio en la filosofía de la gestión de mantenimiento que se pretende implementar.

En el capítulo número siete se presenta la definición de los indicadores de operación, con la cuales, se puede hacer seguimiento a la gestión del mantenimiento por medio de la indisponibilidad de las máquinas.

En el capítulo 8 se detalla la metodología utilizada para la creación de las plantillas de mantenimiento que serán utilizadas para cargarlas en el módulo ZPMO de SAP E4E.

Las conclusiones y recomendaciones se encuentran desarrolladas en el noveno capítulo.

## **2 OBJETIVO.**

El objetivo de este trabajo es desarrollar los planes de mantenimiento de las centrales hidroeléctricas basado en la metodología PMO, definiendo sus operaciones de mantenimiento según catálogo global del grupo Enel.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Identificar y analizar el estado actual de los equipos.
- Conocer las operaciones que se pretenden implementar en el nuevo plan de mantenimiento brindadas por el sistema de gestión del grupo Enel a nivel global.
- Estructurar los planes de mantenimiento en plantilla Excel según formato definido en conjunto con el soporte técnico y el grupo de gestión de mantenimiento del grupo Enel a nivel global

### 3 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Enel es una compañía multinacional del sector de la energía y un operador integrado líder en los mercados mundiales de electricidad y gas, enfocado particularmente en los mercados de Europa y Latinoamérica. El Grupo realiza operaciones en 35 países de 5 continentes, gestiona la generación de energía de más de 89 GW de capacidad instalada neta y distribuye electricidad y gas a través de una red que abarca alrededor de 2.2 millones de kilómetros.

En Colombia está presente como Enel-Emgesa y Enel-Codensa. El primero se encarga de producir la electricidad mientras que el segundo de la distribución de la misma. El estudio actual se enfocará únicamente en las centrales hidroeléctricas de Enel – Emgesa.

En el 2018 la generación de energía de Colombia fue de 68944 GWh de los cuales 14044 GWh fueron generados por Emgesa. lo que indica un aporte del 20% a la generación del país.

#### 3.1 CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DEL GRUPO ENEL EN COLOMBIA

Las centrales hidroeléctricas del grupo Enel en Colombia tienen una capacidad instalada de 3097 MW y se conforman según se describe en la tabla No.1 [1]

Central	Unidades	Capacidad Neta [MW]	Tipo de Turbina	Tipo
El Guavio	5	1250	Pelton eje vertical	Embalse
Guavio Menor	2	9,9	Pelton eje horizontal	Embalse
El Quimbo	2	400	Francis eje vertical	Embalse
Betania	3	540	Francis eje vertical	Embalse
El Paraiso	3	276	Pelton eje vertical	Embalse
La Guaca	3	324	Pelton eje vertical	Embalse
Charquito	1	19,4	Francis eje vertical	Filo de agua
Tequendama	4	56,8	Pelton eje vertical	Filo de agua
Laguneta	1	18	Francis eje vertical	Filo de agua
Limonar	1	18	Francis eje vertical	Filo de agua
Salto II	1	35	Pelton eje vertical	Filo de agua
Dario Valencia Samper	3	150	Pelton eje horizontal	Filo de agua

*Tabla 1. Descripción de Centrales Hidroeléctricas*

Estación de bombeo Muña: Su capacidad de bombeo es de  $60.5 \frac{m^3}{s}$  gracias a tres unidades de eje vertical y se encarga de transportar el recurso hídrico por tuberías a las centrales hidroeléctricas Paraíso y Guaca.



## **4 MARCO REFERENCIAL**

### **4.1 Mantenimiento y su gestión.**

La gestión de mantenimiento evoluciona en forma dinámica y permanente. Realizar mantenimiento hoy en día, implica estar acorde con nuevos desarrollos tecnológicos y nuevos retos para la industria. Los nuevos retos del mantenimiento están alineados con la necesidad de optimizar la eficiencia y eficacia del mantenimiento, su objetivo es el de mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los activos y de forma paralela disminuir los costos de producción.

La necesidad de aumentar la disponibilidad de las Unidades Generadoras y disminuir los costos de producción y mantención a los que se ven enfrentados los distintos centros de producción, de una manera que sea sustentable en el tiempo, está forzando el cambio de las estrategias de mantenimiento preventivas hacia una estrategia de mantenimiento basada en la condición del activo. Para ello es necesario controlar las causas que generan las fallas en los equipos, evitar que éstas se produzcan y cuando estas causas se presentan poder determinar el momento más oportuno de intervenir el activo en función de su condición. [2]

#### **➤ Mantenimiento Preventivo:**

Consiste en programar intervenciones a las máquinas con el objetivo de preservar su estado de fábrica en intervalos de tiempo determinados con anticipación, este tipo de mantenimiento tiene como objetivo realizar los trabajos de reacondicionamiento en los equipos antes de que fallen.

Las desventajas de este tipo de mantenimiento es que las actividades pueden ser realizadas muy pronto o muy tarde. Dicho lo anterior, es posible que se reduzca la producción debido a un mantenimiento innecesario o que en determinado momento la máquina pierda sus características de funcionamiento por falta de mantenimiento. [2]

#### **➤ Mantenimiento Predictivo / Mantenimiento Basado en Condición:**

El mantenimiento predictivo consiste en realizar inspecciones, revisiones y pruebas de funcionamiento operativo que permitan obtener un diagnóstico de la condición de la máquina derivado de las condiciones conocidas y de la evaluación de los parámetros significativos de degradación como son la temperatura de trabajo, análisis de vibraciones, termografías, entre otras. [2]

Cuando la condición de la máquina cambia a un nivel inaceptable predeterminado, se programa la salida de la máquina para realizar los trabajos de reparación o reemplazo de componentes dañados y reestablecer su funcionamiento a los parámetros indicados de fabricación. [2]

En este tipo de mantenimiento se identifican varias ventajas, entre ellas, la eliminación de fallas catastróficas de las máquinas, la programación de los trabajos que se van a realizar lo que permite realizar la logística de herramientas, materiales y equipos de trabajo requeridos, resulta bastante conveniente pues, el desarrollo de buenas prácticas para diagnosticar el estado de funcionamiento de los equipos, ya que de este análisis depende que se realicen los trabajos de reacondicionamiento antes o después de la falla. [2]

➤ **Mantenimiento Reactivo:**

En este tipo de gestión de mantenimiento, la maquinaria funciona hasta fallar y a medida que ocurren problemas, la reparación o reemplazo del equipo dañado se lleva a cabo como una solución. [2]

Este enfoque es aceptable si las paradas del equipo no afectan la producción y si los costos de mano de obra y materiales no importan. Para el caso específico de las unidades de generación no es conveniente ya que puede producir interrupciones inesperadas de la producción. [2]

## **4.2 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO**

La estrategia de mantenimiento es considerada como uno de los procesos claves del negocio de generación de energía hidroeléctrica, la cual debe ser gestionada constantemente.

La estrategia de mantenimiento deberá ser consistente y subordinada a los objetivos de producción. La relación entre estrategia de mantenimiento y objetivos de producción debe tener en cuenta los siguientes objetivos: [2]

- Maximizar la producción o aumentar la disponibilidad de las instalaciones al menor costo y con los más altos estándares de calidad y seguridad
- Reducción de averías y paradas de emergencia
- Optimizar la utilización de recursos
- Reducir el tiempo de inactividad
- Mejora de materiales y repuestos. Control de stock
- Mejorar la eficiencia del equipo reduciendo los aliviaderos
- Mejorar el consumo de energía
- Optimizando la vida útil de equipos

- Proporcionando una base de costos confiable u control presupuestario
- Identificando e implementando reducción de costos.

#### **4.3 CATÁLOGO GLOBAL ENEL DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO. [3]**

Este catálogo es una base de datos brindada por el grupo de gestión de mantenimiento a nivel global de Enel, representa el estándar común y tiene como objetivo identificar todas las actividades de mantenimiento que deben realizarse en las centrales hidráulicas de la compañía. Este documento, contiene las actividades para todos los sistemas que normalmente tiene una planta hidroeléctrica.

Para cada sistema se proporciona la descripción de la actividad de mantenimiento, el tipo de tarea con su frecuencia, dependiendo principalmente del tipo de maquinaria, la clasificación y su característica técnica.

La frecuencia de cada actividad suministrada en el catálogo puede modificarse en el plan de mantenimiento si así lo considera el equipo de ingeniería, este cambio de frecuencia se sustenta en que los sistemas, componentes o equipos en las diferentes centrales trabajan a diferentes condiciones de operación.

El plan de mantenimiento conformado deberá contener todas las actividades del catálogo global y aquellas que no se incluyan deberán tener sustento de por qué no están incluidas, las razones pueden ser:

- La central hidráulica en cuestión no posee el sistema o máquina descrita en el catálogo.
- La central hidráulica en cuestión no posee el equipo requerido para realizar la actividad de mantenimiento descrita en el catálogo, en estos casos debe iniciarse un estudio de inversión para obtener dicho equipo o realizar una contratación por tercero.

El catálogo clasifica cada actividad de mantenimiento según la descripción del equipo o sistema (Ver tabla 2), clase de la planta (Ver tabla 3), área que ejecuta los trabajos (Ver tabla 4), grupo de control (Ver tabla 5), finalidad de la actividad de mantenimiento (Ver tabla 6) y según descripción del mantenimiento (Ver tabla 7).

Código	Descripción Equipo o sistema
AC	GBL - Sistema de aire comprimido
AU	GBL - Automatismo de la Planta

BE	GBL - Cojinete, soporte
CC	GBL - Funicular, teleférico
CR	GBL - Grúas/polipastos
CW	GBL - Estructuras civiles
DM	GBL – Presa
DR	GBL - Sistema de Drenaje
DS	GBL - Presa pequeña
FF	GBL - Sistemas contra incendio (detección/extinción)
GA	GBL - Motor/Generador Asincrónico
GB	GBL - Grupos electrógenos de emergencia
GD	GBL - Sistema de tierras
GS	GBL – Generador
GV	GBL - Regulación de la turbina
HS	GBL - Sistema de refrigeración
PG	GBL - Protección del Generador
PK	GBL - Tubería en presión (túnel)
PL	GBL - Protecciones de líneas (A.T./M.T.)
PT	GBL - Sistema de protección del transformador
PU	GBL – Bomba
PX	GBL - Protecciones de la Planta
ST	GBL - Chimenea de equilibrio
TF	GBL - Turbina Francis
TK	GBL - Turbina Kaplan
TP	GBL - Turbina Pelton
VU	GBL - Dispositivo de cierre de Turbina/Bomba
WD	GBL - Estructuras defensivas hidráulicas
WH	GBL - Canal/túnel
WI	GBL - Entrada, toma, admisión, bocatoma
WP	GBL - Camara de carga
WR	GBL - Embalse, represa
WS	GBL - Cuenca asociada con una pequeña presa (embalse)
WT	GBL – Descarga

XA	GBL - Secciones blindadas HV
XH	GBL - Equipamiento de A.T.
XL	GBL - Líneas eléctricas
XM	GBL - Equipamiento de M.T.
XR	GBL - Equipo de interfaz remoto
XS	GBL - Servicios auxiliares
XT	GBL - Transformador de poder

*Tabla 2. Clasificación según descripción de equipo o sistema*

Código	Clase
GA	Unidad <10 MW
GB	Unidad >= 10 MW
GC	Obras Civiles

*Tabla 3. Clasificación según clase*

Código	Performer
HPP	Planta Hydro
TS	Servicios Técnicos
SAF	Seguridad
ENV	Medio ambiente
E	Externo

*Tabla 4. Clasificación según área que desarrolla los trabajos*

Grupo	Descripción del grupo de control
GES	Operación
GMA	Mantenimiento
GSO	Controles de vigilancia
GTE	Controles técnicos

*Tabla 5. Clasificación según descripción del grupo de control*

Finalidad	Descripción de la finalidad
GAF	Confiabilidad
GAL	Otros
GAS	Controles de obras hidráulicas
GES	Operación
GSA	Gestión ambiental
GSI	Gestión de seguridad

*Tabla 6. Clasificación según finalidad de la actividad*

Código	Descripción
MTO-R	Mantenimiento rutinario
MTO-E	Mantenimiento especializado
MLE	Mantenimiento Especializado equipos eléctrico-ENEL
MMC	Mantenimiento Especializado equipos mecánicos-ENEL
MOC	Mantenimiento presas, Obras civiles e hidráulicas-ENEL
MSC	Mantenimiento Especializado Instrumentación y control-ENEL
MOP	Mantenimiento Mantenedor-Operación-ENEL

*Tabla 7. Clasificación según tipo de mantenimiento*

Cada actividad de mantenimiento deberá tener estas seis clasificaciones, por lo tanto, es necesario desarrollar las casillas en las plantillas de mantenimiento.

#### 4.4 METODOLOGÍA PLAN OF CHECKS

La metodología Plan of Checks para la gestión del mantenimiento sostiene que, puede alcanzarse una estandarización para realizar el mantenimiento de las unidades hidroeléctricas en todo el mundo, sin embargo reconoce que, los planes de mantenimiento deben ajustarse a las condiciones de operación particulares de cada central hidroeléctrica, por lo tanto, la gestión del mantenimiento es un ciclo que requiere constante evaluación de las operaciones de mantenimiento que se llevan a cabo dentro de las centrales, buscando optimizar frecuencias, horas hombre de trabajo y paradas de las máquinas mientras que, a su vez, se busca una reducción en los gastos de mantenimiento gracias a una gestión basada en la condición del activo, lo que indica una transición del mantenimiento preventivo al basado en condición [2].

La metodología Plan of Checks es entonces, parte esencial de la nueva filosofía de mantenimiento que se pretende incorporar y tiene como objetivo verificar permanentemente que los planes de mantenimiento contengan las actividades que cumplan los siguientes requerimientos [2].

- Actividades resultantes de la evaluación del estado de salud de los componentes (CHS).
- Actividades que deben realizarse para cumplir con la ley estipulada del país.
- Actividades que deben realizarse para cumplir con el estándar de mantenimiento propuesto por el sistema de gestión del grupo Enel.
- Actividades que deben realizarse para satisfacer los requerimientos específicos de la operación de las centrales hidroeléctricas y garantizar el correcto funcionamiento de la planta.

Esta nueva filosofía de mantenimiento se sustenta en varias metodologías o herramientas que estudiaremos a lo largo de este documento.

#### 4.5 METODOLOGÍA CHS.

El Component Health Status (CHS) forma parte del ciclo de mantenimiento y tiene como objetivo establecer el "estado" de todos los equipos y componentes de una planta hidroeléctrica, estableciendo la necesidad de un mantenimiento extraordinario o una acción de mejora. Además, es un paso crucial dentro de la estrategia de mantenimiento para la tecnología Hidroeléctrica, ya que permite optimizar el plan de mantenimiento y definir el plan de inversión [4].

Las centrales hidroeléctricas son responsables de mantener actualizado el puntaje de CHS de todos los componentes de la planta.

El CHS es un número entre 1 y 5, y se clasifica según la tabla número 8.

Score	Qualitative Concept	Time to Intervention
5	Good	>> 5 Years
4	Sufficient	> 5 Years
3	Warning	5 Years
2	Bad	3 Years
1	Critical	1 Year

*Tabla 8. Criterio para clasificación CHS*

### Criterios para desarrollar el CHS (Component Health Status)

- Es importante tener claro que la clasificación CHS depende únicamente del estado de los equipos y no debe ser relacionado con la asignación de presupuesto.
- La clasificación CHS es únicamente para equipos y elementos existentes, no debe ser usado para clasificar una necesidad.
- Las propuestas 1 y 2 requieren un informe técnico, que será evaluado por el Soporte Técnico Global.
- Describir en el informe técnico los antecedentes y estadística de fallas, avisos, disparos de unidad, desviaciones.
- Describir el impacto causado por las fallas del equipo en la operación.
- Horas hombre de trabajo invertidas en intervenciones.
- Nivel de criticidad del equipo en la operación.

Con la calificación recopilada de cada equipo de la central se puede crear una gráfica de telaraña como la que se muestra de ejemplo la gráfica número 1 [4].



Gráfica 1. Ejemplo grafica de telaraña para CHS

Aquellos equipos y/o componentes que tengan clasificación CHS 1 y 2 serán la prioridad para desarrollar las inversiones del próximo año.

En el **Anexo 1. Análisis CHS Centrales** se presenta el estudio recopilado del estado de los equipos para el año 2019 de las centrales hidroeléctricas, el estudio se realizó al interior de cada central y la información servirá como base comparativa para monitorear la evolución de los equipos a lo largo de los años y determinar si la condición de los equipos mejora o empeora.



## 5 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO ACTUAL

Actualmente las centrales hidroeléctricas cuentan con dos tipos de estrategias de mantenimiento.

### ➤ Estrategia Mantenimiento Horas

Las actividades de mantenimiento se realizan después de cierto número determinado de horas de operación, la tabla número 9 describe la distribución de los mantenimientos según estrategia por horas de las centrales hidroeléctricas.

Central	Tiempo de Operación		
	750 horas	2000 horas	4000 horas
El Guavio	17 horas		24 horas
El Quimbo		48 horas	
Betania		48 horas	
El Paraiso			24 horas
La Guaca			24 horas
Charquito		12 horas	
Tequendama	12 horas		
Laguneta		12 horas	
Limonar	12 horas		
Salto II	12 horas		
Dario Valencia Samper	12 horas		
Muña			24 horas

*Tabla 9. Estrategia de mantenimiento por horas de operación*

### ➤ Estrategia Mantenimiento Anual

Las actividades de mantenimiento se programan anualmente, tal como lo describe la tabla número 10.

Central	1 año de operación
El Guavio	12 días
El Quimbo	12 días
Betania	18 días
El Paraiso	5 días
La Guaca	5 días
Charquito	30 días
Tequendama	5 días
Laguneta	5 días
Limonar	5 días
Salto II	5 días
Dario Valencia Samper	5 días

Tabla 10. Estrategia de mantenimiento por años de operación

Estructuralmente la estrategia de mantenimiento actual está compuesta por planes de mantenimiento que contienen hojas de ruta, estas hojas de ruta contienen operaciones de mantenimiento, allí se cargan las horas hombre necesarias y el tiempo requerido de intervención, una vista previa sacada de SAP se puede apreciar en la tabla número 11.

**Visualizar plan de mantenimiento preventivo: Plan estrategia COPARSHPU**

Plan mant. prev.: COPARSHPU1HR PA MTTO PREDICTIVO HORAS U1  
 Cab. plan mant.:  
 Ciclos plan de mantenimiento 08.01.2020 Parám.programación plan mantenimiento Datos adicionales ...

Contador: 100000023631 HOROMETRO PARAISO UNIDAD 1

Ciclo	Unidad	Texto ciclo mantenimiento	Offset
744 HRA	750 HORAS		0
1488 HRA	1500 HORAS		0
4464 HRA	4500 HORAS		0

**Resumen de posiciones**

Posición mantenim.	Texto pos.mantenim.	E.. N.. E..	Ubicación técnica
10000000145180	PA PRED MEC VÁLVULA ESFÉRICA HORAS U1	✓	CO-PARS-H.U1-TU-11
10000000145181	PA PRED ELE VÁLVULA ESFÉRICA HORAS U1	✓	CO-PARS-H.U1-TU-11
10000000145182	PA PRED MEC SIST TURBINA PELTON HORAS U1	✓	CO-PARS-H.U1-TU-10
10000000145183	PA PRED SCO SIST TURBINA PELTON HORAS U1	✓	CO-PARS-H.U1-TU-10
10000000145184	PA PRED MEC REGULADOR TURBINA HORAS U1	✓	CO-PARS-H.U1-TU-13
10000000145185	PA PRED SCO REGULADOR TURBINA HORAS U1	✓	CO-PARS-H.U1-TU-13
10000000145186	PA PRED MEC GENERADOR HORAS U1	✓	CO-PARS-H.U1-ME
10000000145187	PA PRED ELE GENERADOR HORAS U1	✓	CO-PARS-H.U1-ME
10000000145188	PA PRED SCO GENERADOR HORAS U1	✓	CO-PARS-H.U1-ME
10000000145189	PA PRED SCO SISTEMA AUTOMAT HORAS U1	✓	CO-PARS-H.U0-GS
10000000145190	PA PRED ELE SERVICIOS AUX AC HORAS U1	✓	CO-PARS-H.ZZ-SL
10000000145191	PA PRED ELE TRANSFORMADORES HORAS U1	✓	CO-PARS-H.U1-TR
10000000145192	PA PRED MEC SIST REFRIGERACION HORAS U1	✓	CO-PARS-H.U1-ME-15
10000000145193	PA PRED ELE SIST REFRIGERACION HORAS U1	✓	CO-PARS-H.U1-ME-15
10000000145194	PA PRED ELE INTERRUPTOR POTENCIA HORAS U1	✓	CO-PARS-H.U1-HV-11
10000000145195	PA PRED ELE SIST PROTEC GENER HORAS U1	✓	CO-PARS-H.U1-ME

**Vis. Instrucción: Res.paquetes mantenimiento**

Paquete mantenimiento preventivo Propia Externo Cab. Plan

GHRuta HPAMCP12 MTTO PRED MEC VÁLVULA ESFÉRICA HORAS ContGpoHR 3

Op.	SOp	Descripción operación	1H	2H	3H	4H	5H
0010		INSPECCIÓN VISUAL FUGAS EMPAQUES VÁLVULA	✓	✓	✓	✓	✓
0020		INSPECCIÓN VISUAL VÁLVULA AUTOMÁTICA	✓	✓	✓	✓	✓
0030		INSPE SIST. HIDRAULICO/TUB.CONTROL PVE	✓	✓	✓	✓	✓
0070		REVISIÓN TUBERÍA RACORES Y ACCESORIOS	✓	✓	✓	✓	✓
0090		REVISIÓN ESTADO TUBERÍAS Y VÁLVULAS	✓	✓	✓	✓	✓
0110		REVISIÓN VÁLVULAS Y TUBERÍAS DE PRESIÓN	✓	✓	✓	✓	✓
0120		REVISIÓN VÁLVULA AUTOMÁTICA	✓	✓	✓	✓	✓
0130		MUESTRA DE ACEITE HIDRÁULIC LABORATORIO	✓	✓	✓	✓	✓
0200		PRUEBA VÁLVULAS ADMISIÓN	✓	✓	✓	✓	✓
0220		INSPECCIÓN VISUAL INSTRUMENT SEÑALIZACIO	✓	✓	✓	✓	✓
0230		PRUEBA OPERATIVA VÁLVULA DE BY PASS	✓	✓	✓	✓	✓
0240		SISTEMA DE LUBRICACIÓN VÁLVULA ADMISIÓN	✓	✓	✓	✓	✓
0250		REVISIÓN VÁLVULAS 326 - 327 Y 369	✓	✓	✓	✓	✓
0260		REVISIÓN VÁLVULAS MANDO 369 / 37 / 371	✓	✓	✓	✓	✓
0270		REVISIÓN VÁLVULAS MANDO 372 / 373 / 374	✓	✓	✓	✓	✓
0280		REVISIÓN CONJUNTO BOMBA DE ENGRANAJES AC	✓	✓	✓	✓	✓
0290		REVISIÓN CONJUNTO BOMBA DE ENGRANAJES DC	✓	✓	✓	✓	✓
0300		PRUEBA OPER ESTAC HIDRÁH ACUMULAD PRES	✓	✓	✓	✓	✓
0310		VERIF INSTRUM T PVE/PK/TQ V.E/BAT NITRÖG	✓	✓	✓	✓	✓
0320		VERIFICAR PRECARGA ACUMULADORES NITRÖGEN	✓	✓	✓	✓	✓

Tabla 11. Hoja de ruta cargada en SAP actualmente [5]

## 6 METODOLOGÍA PMO COMO ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO

La metodología PMO (Plant Maintenance Optimization) es la metodología de mantenimiento con la cual el grupo Enel pretende realizar la gestión de mantenimiento y proviene de un enfoque simplificado de la RCM. La metodología busca la estandarización del mantenimiento, sin embargo, reconoce que debido a las diferentes condiciones de diseño y operación de las centrales los mecanismos de degradación en un sistema / componente pueden ser diferentes y, por lo tanto, diferentes serán el riesgo de falla [2].

Operativamente propone una transición a un método de administración diferente eliminando las hojas de ruta de los planes anteriores, los nuevos planes no constituirán necesariamente una traducción de las actuales hojas de ruta, pero si deberán garantizar el cumplimiento de dos premisas:

- La estandarización de los planes al catálogo en su última versión.
- Aumentar el porcentaje de mantenimiento predictivo o basado en condición en las centrales hidroeléctricas.

El módulo en SAP estará compuesto por acciones y acciones elementales, que contendrán las operaciones a desarrollar, la duración, las horas hombre necesarias y el grupo de trabajo encargado de realizar las operaciones.

El objetivo principal de la transición es transformar cada operación de las hojas de ruta en una correspondiente acción elemental.

La transición a la nueva gestión de mantenimiento PMO constituye un cambio en la frecuencia de realización de las actividades de mantenimiento, una vez implementada esta metodología, los componentes de la central ya no saldrán a mantenimiento según periodos de trabajo medidos en horas ni años sino en meses.

## 6.1 GESTIÓN DEL CAMBIO

A grandes rasgos lo que la actualización de los planes de mantenimiento busca es realizar una transición en la gestión del mantenimiento, migrando del tipo preventivo al predictivo (basado en condición). La tabla número 12 muestra una **estimación** del cambio en tipos de mantenimiento que se obtendría con la implementación de la nueva metodología.

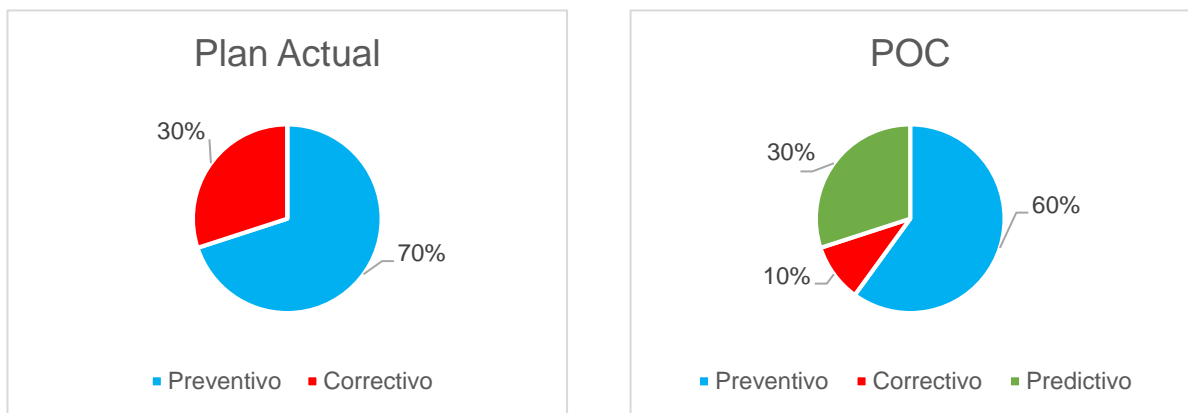


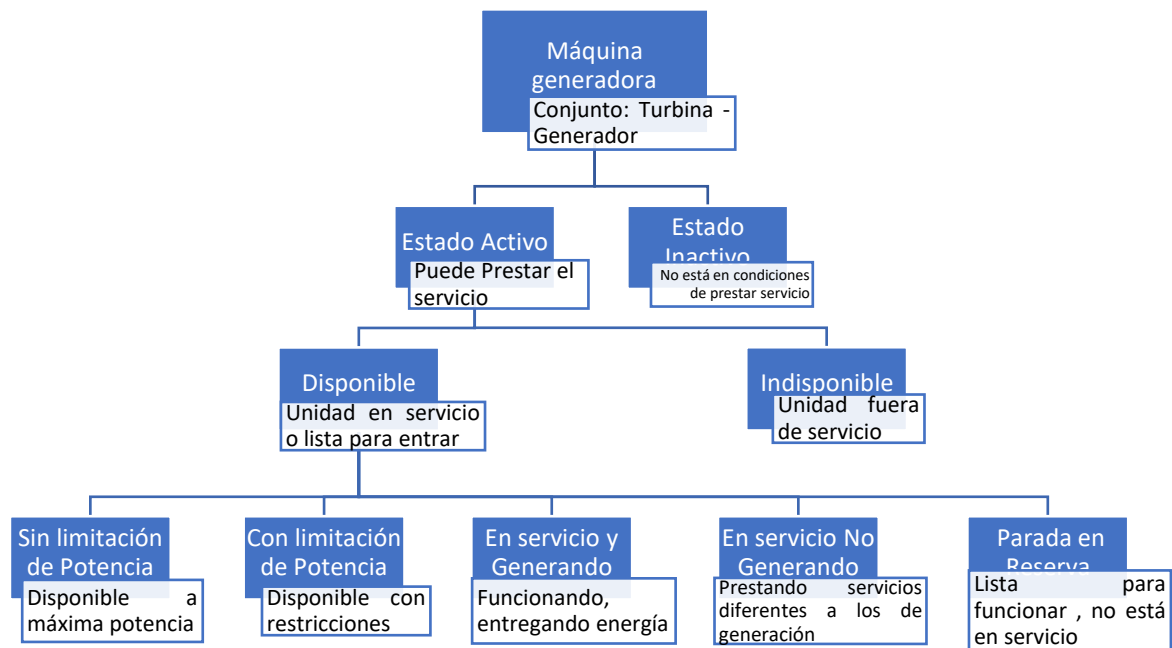
Tabla 12. Estimación de transición en los tipos de mantenimiento

## 7 KPI (KEY OPERATIONAL INDICATOR)

Índice numérico que permite hacer seguimiento del proceso de producción, específicamente pretende evaluar el rendimiento de operación de las plantas. Los KPI son emitidos por la unidad de Operación y Mantenimiento y son cuantificables y medibles. Se utilizan para verificar el logro de los objetivos [6].

## 7.1 ESTADO DE LAS MÁQUINAS GENERADORAS

El estado de las máquinas generadoras se puede dividir como se muestra en el grafico esquemático número 2.



Gráfica 2. Clasificación de los estados de las máquinas generadoras

## 7.2 CAUSAS DE INDISPONIBILIDAD Y LIMITACIÓN DE POTENCIA

Las causas de indisponibilidad de potencia se clasifican en:

**Interna:** La causa es interna cuando es gestionable por O&M.

**Externa:** Cuando no es gestionable por O&M.

**Planificada:** Indisponibilidad que se planeó con anticipación para realizar mantenimientos.

**No planificada:** Hace referencia a las paradas de máquinas que no estaban contempladas en el plan de mantenimiento.

Los KPI se agrupan y miden en tres categorías:

### **KPI basado en el tiempo.**

Proporcionan información de los estados operativos de las máquinas de generación en un periodo determinado de tiempo de observación [6].

- TAF (Time Availability Factor) Factor de Disponibilidad de tiempo: se define como la relación entre las horas disponibles y las horas del periodo de medición de referencia.

$$TAF = \frac{AH}{PH}$$

Donde;        AH: Horas disponibles  
                 PH: Periodo de tiempo medido en horas.

- TUF (Time Unavailability Factor) Tiempo de Indisponibilidad de tiempo: Se define como la relación entre las horas indisponibles y las horas del periodo de referencia.

$$TUF = \frac{UH}{PH}$$

Donde;        UH: Horas indisponibles  
                 PH: Periodo de tiempo medido en horas.

### **KPI basado en potencia.**

Indican la potencia media disponible de las unidades generadoras, en un determinado periodo de tiempo.

- CAF (Capacity Availability Factor) Factor de Disponibilidad de Potencia: Es la relación entre la potencia disponible y la potencia máxima [6].

$$CAF = \frac{AC}{MC}$$

Donde;        AC: Capacidad disponible  
                 MC: Potencia Máxima

- CUF (Capacity Unavailability Factor) Factor de Indisponibilidad de Potencia: Es la relación entre la potencia indisponible y la potencia máxima [6].

$$CUF = \frac{UC}{MC}$$

Donde; UC: Capacidad indisponible  
MC: Potencia máxima

### **KPI basado en la energía.**

Permite comparar la energía que se podría producir en condiciones técnicas óptimas, usando todo el recurso hídrico disponible en ausencia de fallos, limitaciones de potencia o indisponibilidades de la máquina con la energía realmente producida en un periodo de tiempo determinado [6].

- EAF (Energy Availability Factor) Factor de disponibilidad de Energía: Es la relación entre la producción real bruta y la energía producible entregable.

$$EAF = \frac{GAAP}{DPE}$$

Donde; GAAP: Producción real neta bruta  
DPE: Energía producible entregable

- LPF (Lost Production Factor) Factor de pérdida de producción: Es la relación entre la Perdida de Producción y la energía producible entregable.

$$LPF = \frac{LP}{DPE}$$

Donde; LP: Perdida de producción  
DPE: Energía producible entregable

## 8 PLANTILLAS PARA CREACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO

### 8.1 METODOLOGÍA PARA LA CREACIÓN DE LAS PLANTILLAS.

- Como resultado del trabajo en equipo entre el soporte técnico mecánico y la gestión global de mantenimiento se determinó la estructura que deberá tener la plantilla de cargue, para que el Sistema SAP permita un cargue masivo de los planes de mantenimiento una vez estén estructurados. Ver **Anexo 2. Formato plantilla de cargue**.
- Una vez determinadas las columnas requeridas para el cargue masivo y la estructuración de los nuevos planes de mantenimiento, se procedió a formular las columnas del formato de modo tal que fuera posible agregar las actividades de mantenimiento utilizando únicamente el ID de la actividad con la cual se encuentra identificada en el catálogo global.
- Identificar los sistemas del catálogo global que apliquen para la central hidroeléctrica en la cual se está trabajando, por ejemplo, para la central El Guavio se añadirán las actividades de mantenimiento referentes a rodets tipo Pelton, sin embargo, para las centrales Betania - Quimbo se añadirán las actividades de mantenimiento para rodets Francis.
- Una vez determinados los sistemas, copiar los números ID del catálogo de cada operación de dicho sistema y pegarlo en la plantilla en la columna ID, ver ilustración número 1.

utilizzato	Numero utilizzato	Azione tipo	codice azione tipo	ID	System Code	Progressive	Scope	Group control	Discipline	Sistema	Descripción del componente	Subcomponente	Acción
1	1 AC01000	AC1	AC	1	01000	GAF	GSO	EM	GBL - Sistema de aire comprimido	Compressor eléctrico			Estado de operación
1	1 AC01101	AC2	AC	2	01101	GAF	GTE	EM	GBL - Sistema de aire comprimido	Compressor eléctrico			Operación
1	1 AC01100	AC3	AC	3	01100	GAF	GTE	EM	GBL - Sistema de aire comprimido	Compressor eléctrico			Tiempo de carga
1	1 AC01106	AC4	AC	4	01106	GAF	GTE	EM	GBL - Sistema de aire comprimido	Estanque presurizado			Revisión de operación
1	1 AC01105	AC5	AC	5	01105	GAF	GTE	EM	GBL - Sistema de aire comprimido	Estanque presurizado			Prueba de operación
1	1 AC01104	AC6	AC	6	01104	GAF	GTE	EM	GBL - Sistema de aire comprimido	Estanque presurizado	Válvula de seguridad		Prueba de operación
1	1 AC01103	AC7	AC	7	01103	GAF	GTE	EM	GBL - Sistema de aire comprimido	Estanque presurizado	Válvula de seguridad		Operación
1	1 AC01003	AC8	AC	8	01003	GAF	GSO	EM	GBL - Sistema de aire comprimido	Red de distribución			Condición de operación
1	1 AC01002	AC9	AC	9	01002	GAF	GSO	EM	GBL - Sistema de aire comprimido	Control local			Estado de operación
1	1 AC01102	AC10	AC	10	01102	GAF	GTE	EM	GBL - Sistema de aire comprimido	Secadores (eliminadores de humedad)			Eficiencia, rendimiento
1	1 AC01004	AC11	AC	11	01004	GAF	GSO	EM	GBL - Sistema de aire comprimido	Estanque presurizado			Estado de operación
1	1 AC01001	AC12	AC	12	01001	GAF	GSO	EM	GBL - Sistema de aire comprimido	Secadores (eliminadores de humedad)			Estado de operación
0	0 AC01107	AC12A	AC	12A	01107	GAF	GMA	EM	GBL - Sistema de aire comprimido	Sistema completo			Mantenimiento
0	0 AU01000	AU13	AU	13	01000	GAF	GSO	EM	GBL - Automatismo de la Planta	Unidad de automatización y control	Gabinete de control de la unidad		Estado de operación

Ilustración 1. Catálogo global, Copiar ID

- El siguiente paso es ingresar los números ID copiados del catálogo en la columna ID de plantilla de cargue de la central en la cual se está trabajando.



Al ingresar el número ID de la actividad de mantenimiento, la plantilla está configurada para diligenciar toda la información requerida del catálogo automáticamente: Código del sistema, Progresivo, Finalidad, Grupo de control, Disciplina, Sistema Catálogo, Descripción del componente, Subcomponente, Acción, clase de acción, descripción de la acción, Frecuencia y si la actividad de mantenimiento inhabilitara la máquina, ver ilustración número 2.

Ingresar ID

INFORMACION DE ACUERDO AL CATALOGO

ID	Código Sistema	Progresivo	Finalidad	Grupo de control	Disciplina (CIV o electromecánica [EM])	Sistema Catálogo	COMPONENT DESCRIPTION (Descripción del componente, donde la acción se aplica)	(Cua
1	AC	01000	GAP	QSD	EM	QSL - Sistema de aire comprimido	Compresor eléctrico	
2	AC	01101	QAF	QTE	EM	QSL - Sistema de aire comprimido	Compresor eléctrico	
3	AC	01100	QAF	QTE	EM	QSL - Sistema de aire comprimido	Compresor eléctrico	
4	AC	01100	GAP	QTE	EM	QSL - Sistema de aire comprimido	Tanque presurizado	
5	AC	01100	GAP	QTE	EM	QSL - Sistema de aire comprimido	Tanque presurizado	
6	AC	01104	QAF	QTE	EM	QSL - Sistema de aire comprimido	Estanco presurizado	
7	AC	01103	QAF	QTE	EM	QSL - Sistema de aire comprimido	Estanco presurizado	
8	AC	01001	GAP	QSD	EM	QSL - Sistema de aire comprimido	Red de distribución	
9	AC	01002	GAP	QSD	EM	QSL - Sistema de aire comprimido	Controlador	
10	AC	01102	QAF	QTE	EM	QSL - Sistema de aire comprimido	Secadores (eliminadores de humedad)	
11	AC	01004	QAF	QSD	EM	QSL - Sistema de aire comprimido	Tanque presurizado	
12	AC	01001	GAP	QSD	EM	QSL - Sistema de aire comprimido	Secadores (eliminadores de humedad)	
12A	AC	01107	QAF	QMA	EM	QSL - Sistema de aire comprimido	Sistema completo	
13	AU	01000	QAF	QSD			e automatización y control	
14	AU	01102	GAP	QTE			e automatización y control	
15	AU	01103	GAP	QTE	EM	QSL - Automatismo de la Planta	Unidad de automatización y control	
16	AU	01105	QAF	QTE	EM	QSL - Automatismo de la Planta	Unidad de automatización y control	
17	AU	01002	QAF	QSD	EM	QSL - Automatismo de la Planta	Unidad de automatización y control	
18	AU	01003	GAP	QSD	EM	QSL - Automatismo de la Planta	Unidad de automatización y control	
19	AU	01106	GAP	QTE	EM	QSL - Automatismo de la Planta	Unidad de automatización y control	
19A	AU	01005	QAF	QSD	EM	QSL - Automatismo de la Planta	Sistema de medida (Controlador)	
19B	AU	01004	QAF	QSD	EM	QSL - Automatismo de la Planta	Sistema de medida al punto de conexión	
21	AU	01100	GAP	QTE	EM	QSL - Automatismo de la Planta	Equipos auxiliares del regulador de velocidad	
22	AU	01101	GAP	QTE	EM	QSL - Automatismo de la Planta	Equipos auxiliares del regulador de velocidad	
23	AU	01001	QAF	QSD	EM	QSL - Automatismo de la Planta	Automatización de la subestación AT	
24	AU	01104	QAF	QTE	EM	QSL - Automatismo de la Planta	Automatización de la subestación AT	
25	OS	01040	GAP	QSD	EM	QSL - Motor/Generador electrónico	Invertidor	
26	OS	01150	QAF	QTE	EM	QSL - Motor/Generador electrónico	Estator	
27	OS	01151	QAF	QTE	EM	QSL - Motor/Generador electrónico	Estator	

Columnas diligenciadas

INFORMACION DE ACUERDO AL CATALOGO						Frecuencia Según Catálogo	Escribir frecuencia en meses	SI=0 NO=1	
Acción	Clase de acción	Descripción de la acción	Mensual (M)	Frecuencia	Unavailability (SI/NO)	Unavailability (I/O)			
Estado de operación	Vigilancia	Verificar el estado del componente en funcionamiento (circuitos de presión, señalización, evidencia de mal funcionamiento, deformaciones, etc.)	1M-3M	N	1				
Operación	Técnica	Verificar el estado de trabajo del equipo (por ej., responde a tiempo a las órdenes automáticas o manuales)	1Y-3Y	N	1				
Tiempo de carga	Técnica	Controlar el tiempo de recarga siguiendo un procedimiento de prueba específico	4Y	N	1				
Revisión completa	Técnica	Verificar el estado de conservación y funcionamiento del equipo (en sala, la operación es obligatoria; según los casos, la prueba debe ser realizada por un agente oficial)	10Y	N	1				
Prueba operación	Técnica	Prueba en funcionamiento (la prueba es obligatoria en sala; según los casos, la prueba debe ser realizada por un agente oficial)	1Y-3Y	N	1				
Cheques del quite de presión	Técnica	Sustitución o quite de la válvula de seguridad (la prueba es obligatoria en sala; según los casos, la prueba debe ser realizada por un agente oficial)	1Y-3Y	N	1				
Operación	Técnica	Controlar el funcionamiento de la válvula de seguridad (forzando la presión de aire)		N	1				
Condición, estado	Vigilancia			N	1				
Estado de operación	Vigilancia	Verificar el estado de funcionamiento del conjunto (paneles de control, considerando de la señalización, evidencia de mal funcionamiento, deformaciones, etc.)	1Y-3Y	N	1				
Estado de operación	Vigilancia	Verificar el estado de funcionamiento del conjunto (paneles de control, considerando de la señalización, evidencia de mal funcionamiento, deformaciones, etc.)	1M-3M	N	1				
Eficiencia, rendimiento	Técnica	Lubrica y engrasa las partes móviles, rellena el aceite; limpia el filtro de aceite o reemplaza el cartucho; restaura el material abrasivo si está dañado o es ineficiente; <b>reemplaza las conexiones hidráulicas cuando es necesario; repara el circuito.</b>	1M-3M	N	1				
Estado de operación	Vigilancia	Verificar el estado de funcionamiento del conjunto (paneles de control, considerando de la señalización, evidencia de mal funcionamiento, deformaciones, etc.)	1M-3M	N	1				
Condición, estado	Técnica	Controlar el estado del equipo (consistencia de los niveles de tensión y señalización, integridad de las conexiones, resistencia y conexión a tierra; evidencia de puntos calientes a tierra; mal funcionamiento, deformaciones).	4Y	Y	0				
Operación	Técnica	Control de funcionamiento del equipo (señalización y respuesta a órdenes de mando aplicados)	1Y-3Y	Y	0				
Operación	Técnica	Controlar el funcionamiento del equipo utilizando un generador de señal como simulador de entrada y un multímetro de precisión para medir la señal de salida.	5Y	Y	0				
Estado de operación	Vigilancia	Verificar el estado de funcionamiento del conjunto (paneles de control, considerando de la señalización, evidencia de mal funcionamiento, deformaciones, etc.)	1M-3M	N	1				
Estado de operación	Vigilancia	Verificar el estado de funcionamiento del conjunto (paneles, considerando de la señalización, evidencia de mal funcionamiento, deformaciones, etc.)	1M-3M	N	1				
Operación	Técnica	Controlar el funcionamiento del equipo utilizando un generador de simulador de entrada y un multímetro de precisión para medir la señal de salida.	5Y	Y	0				
Estado de operación	Vigilancia	Verificar el estado de funcionamiento del conjunto (paneles, considerando de la señalización, evidencia de mal funcionamiento, deformaciones, etc.)	1M-3M	N	1				
Funcionamiento y configuración	Técnica	Controlar el funcionamiento del equipo utilizando un generador de señal como simulador de entrada y un multímetro de precisión para medir la señal de salida.	5Y	Y	0				
Operación	Técnica	Controlar el funcionamiento del equipo sin desconectar los cables ni alterar los terminales.	1Y-3Y	N	1				
Calibración general	Técnica	Controlar la calibración de los parámetros funcionales del dispositivo.	8Y	Y	0				
Estado de operación	Vigilancia	Verificar el estado de funcionamiento del equipo (paneles, señalización, evidencia de mal funcionamiento, deformaciones, etc.)	1M-3M	N	1				
Operación	Técnica	Controlar el funcionamiento del equipo utilizando un generador de simulador de entrada y un multímetro de precisión para medir la señal de salida.	5Y	Y	0				
Estado de operación	Vigilancia	Verificar el estado de funcionamiento (vibración, evidencia de humedad o vapor, calentamiento o humo, desperdicios, ruidos, deformaciones)	1M-3M	N	1				
Conexión a tierra	Técnica	Abrir la conexión a tierra después de la conexión en sala y medir la resistencia del circuito a tierra con un ohmímetro.	4Y-8Y	Y	0				
Integridad de conexión	Técnica	Controlar el estado de conservación de las conexiones (oxidación, evidencia de humedad o vapor, calentamiento o humo, evidencia de aflojamiento, roturas, deformaciones)	4Y	Y	0				

Columnas diligenciadas

Ilustración 2. Plantilla diligenciada diligenciando únicamente ID de la actividad traída del catálogo



- Una vez se haya ingresado el ID de todas las actividades de mantenimiento que se desean agregar, se procede a escribir la Ubicación Técnica de cada sistema en la columna A, el puesto de trabajo en la columna E y el Centro de emplazamiento en la columna F, ver ilustración número 3.

[illegible]

*Ilustración 3. Diligenciar la ubicación técnica del sistema al que pertenece el equipo al cual se le realizarán los trabajos, el puesto de trabajo y el centro de emplazamiento*

- Las columnas B, C y D se diligenciarán solas.
- La columna E y F deberá diligenciarlas el Ingeniero de Cada central.

Siguiendo el procedimiento descrito a lo largo de este capítulo de desarrollaron los planes de mantenimiento para todas las centrales hidroeléctricas, todas las actividades según catálogo global y en el formato desarrollado en conjunto con el soporte técnico mecánico y el área de gestión global de Enel. Los planes para cada central hidroeléctrica reposan en el anexo 3. Planes de mantenimiento centrales hidroeléctricas.

## 9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se han sentado las bases para el desarrollo de la actualización de los planes de mantenimiento, teniendo como foco, las operaciones de mantenimiento brindadas por el catálogo global. Las plantillas que contienen las actividades de mantenimiento tienen el formato/estructura indicada para la creación de acciones y acciones elementales y posterior cargue en SAP y fue desarrollado en conjunto con el soporte técnico mecánico y el área de gestión global del grupo Enel, los planes de mantenimiento reposan en el **Anexo 3. Plantillas de mantenimiento para cargue en SAP**

Como trabajo posterior y en seguimiento a la metodología Plan of Checks es necesario que los planes de mantenimiento cargados en las plantillas sean revisados por los ingenieros especializados de cada área (Mecánica, eléctrica, control, civil, HSEQ) para que determinen los siguientes aspectos:

- Que operaciones y sub operaciones complementarían el plan de mantenimiento y deben adicionarse, dependiendo de las características especiales de operación de cada central hidroeléctrica.
- Revisar las frecuencias de las actividades de mantenimiento y determinar cuáles deben ser modificadas, dependiendo de las características particulares de operación de cada central hidroeléctrica.

Lo anterior corresponde a un ciclo de optimización constante que debe realizarse de manera periódica.

- Se ha determinado el estado actual de los equipos/componentes de las centrales hidroeléctricas por medio de la metodología CHS (Component Health Status), el estudio fue realizado al interior de cada central por los ingenieros correspondientes y reposa en el **Anexo 1. Estudio CHS Centrales Hidroeléctricas**.
- La estructura de la plantilla de mantenimiento se desarrolló en conjunto con el soporte técnico mecánico según las instrucciones recibidas por parte del área de gestión global de Enel; En el capítulo 8 se describe la metodología paso a paso para añadir actividades del catálogo global a las plantillas anteriormente creadas.

## **10 BIBLIOGRAFIA**

- [1]. Folleto Centrales Hidroeléctricas del Grupo Enel.
- [2]. PD\_PF\_110\_ Hydro Maintenance Strategy
- [3]. Catálogo de mantenimiento del grupo Enel “Global Catalogue”.
- [4]. Portal Corporativo – Process Handbook,
- [5]. Software Corporativo SAP

## **ANEXOS**

- Anexo 1. Estudio CHS Centrales hidroeléctricas.
- Anexo 2. Formato Plantilla de cargue.
- Anexo 3. Plantillas de mantenimiento para cargue en SAP